

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Kazuhiro UMEKI

GAU: 1731

SERIAL NO: 10/666,257

EXAMINER:

FILED: September 22, 2003

FOR: METHOD AND MOLD FOR FABRICATING ARTICLE HAVING FINE SURFACE STRUCTURE

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
JAPAN	2002-271253	September 18, 2002
JAPAN	2003-156094	June 2, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)
☐ are submitted herewith
☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.

C. Irvin McClelland

Registration No. 21,124

Joseph A. Scafetta, Jr.
Registration No. 26, 803

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 05/03)

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

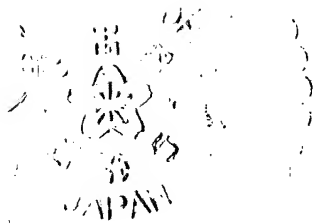
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 9 月 1 8 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 7 1 2 5 3
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 7 1 2 5 3]

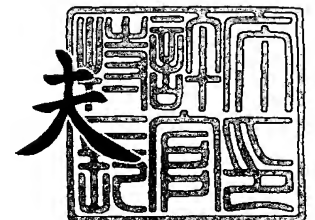
出 願 人 リ コ ー 光 学 株 式 会 社
Applicant(s):



2 0 0 4 年 1 月 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 JP-324

【提出日】 平成14年 9月18日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/24

【発明の名称】 微細表面構造をもつ物品の製造方法

【請求項の数】 14

【発明者】

【住所又は居所】 岩手県花巻市大畑第10地割109番地 リコー光学株式会社内

【氏名】 梅木 和博

【特許出願人】

【識別番号】 000115728

【氏名又は名称】 リコー光学株式会社

【代理人】

【識別番号】 100085464

【弁理士】

【氏名又は名称】 野口 繁雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 037017

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0003209

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 微細表面構造をもつ物品の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 以下の工程（A）から（K）を備えて微細表面構造をもつ物品を製造する製造方法。

（A）目的とする形状を高さ方向に相似的に $1/n$ ($n > 1$) に縮小した構造を表面に有する微細形状をもつ金型を製作する工程、

（B）上記金型の表面に離型処理を施す工程、

（C）離型処理の施された前記金型表面に硬化可能な樹脂を介して中間材料を押し当てて、前記金型の表面形状の反転形状を前記樹脂に転写する工程、

（D）形状転写後の前記樹脂を硬化させる工程、

（E）硬化後の前記樹脂を前記中間材料に接合させた状態でその樹脂を前記金型から剥離させる工程、

（F）前記樹脂に転写された形状をドライエッチング法によって前記中間材料に形状転写して中間金型とする工程であって、高さ方向に $M1$ ($M1 > 1$) 倍高くなるように条件を設定して行なう転写工程、

（G）形状転写後の前記中間金型の表面に離型処理を施す工程、

（H）離型処理の施された前記中間金型の表面に硬化可能な樹脂を介して最終製品材料を押し当てて、前記中間金型の表面形状の反転形状をその樹脂に転写する工程、

（I）工程（H）における転写後の前記樹脂を硬化させる工程、

（J）工程（I）で硬化後の前記樹脂を最終製品材料に接合させた状態でその樹脂を前記中間金型から剥離させる工程、及び

（K）工程（J）の後に前記最終製品材料上に存在する前記樹脂に転写された形状をドライエッチング法によって前記最終製品材料に転写する工程であって、高さ方向に $M2$ ($M2 > 1$) 倍高くしながら転写し、最終目的構造を得る転写工程。

【請求項 2】 $M1 \times M2 = n$ の関係を有する請求項 1 に記載の製造方法。

【請求項 3】 最初の金型から最終製品に至るまでに介在させる中間材料の

数を 2 以上とし、樹脂を介した各中間材料への形状転写を経た後に最終製品へ形状転写するとともに、

樹脂から各中間材料又は最終製品材料への形状転写における高さ方向の倍率を順次 M_1 , M_2 , …… M_j (いずれも 1 より大きい) とするとき、

$$M_1 \times M_2 \times \cdots \times M_j = n$$

の関係性を有する請求項 1 に記載の製造方法。

【請求項 4】 ドライエッチングで転写する工程には選択比を変化させる工程を含んでいる請求項 1 から 3 のいずれかに記載の製造方法。

【請求項 5】 選択比の変化には経時的な変化も含む請求項 4 に記載の製造方法。

【請求項 6】 前記金型及び中間材料のうちの少なくとも 1 つとしてシリコン材料を使用する請求項 1 から 5 のいずれかに記載の製造方法。

【請求項 7】 転写に使用する硬化可能な前記樹脂の少なくとも 1 つは光硬化可能な樹脂であり、

金型、中間材料、最終製品の 3 材料のうちで、その光硬化可能な樹脂を使用する転写工程に適用される 2 材料の少なくとも一方の材料として、その光硬化可能な樹脂を硬化させうる波長域の光に対して光透過性である材料を使用し、

樹脂の硬化工程では、一方の材料のみが光透過性材料である場合にはその光透過性材料を通して、両方の材料が光透過性材料である場合には一方又は両方の光透過性材を通して前記光硬化可能な樹脂に光照射して前記光硬化可能な樹脂を均一に硬化させる請求項 1 から 6 のいずれかに記載の製造方法。

【請求項 8】 前記光硬化可能な樹脂は紫外線硬化型樹脂であり、前記光透過性材料は紫外線透過性材料であり、照射する光は紫外線である請求項 7 に記載の製造方法。

【請求項 9】 前記金型の母材料はドライエッチング可能な材料で、金属材料、ガラス材料、セラミックス材料、プラスチック材料及び硬質ゴム材料からなる群から選ばれた 1 種であり、前記金型表面の微細形状はリソグラフィーとドライエッチングにより前記金型母材料に形成されたものである請求項 1 から 8 のいずれかに記載の製造方法。

【請求項 10】 前記金型は、金型母材となる平面基板の平面の表面に前記微細形状を形成したものである請求項 1 から 9 のいずれかに記載の製造方法。

【請求項 11】 前記各樹脂が硬化する際の収縮量を予め求めておき、
前記中間材料にドライエッチングにより微細形状を形成する際にはその収縮量部分を見込んで微細形状を深く形成するように補正する請求項 1 から 10 のいずれかに記載の製造方法。

【請求項 12】 離型処理の施された金型表面又は中間材料表面に樹脂を介して他の材料を押し当てる際、樹脂と前記他の材料表面との間に両者の密着性を向上させるためのプライマー表面処理を施しておく請求項 1 から 11 のいずれかに記載の製造方法。

【請求項 13】 前記金型表面の微細形状は、以下の工程 (a) から (c) により形成する請求項 1 から 12 のいずれかに記載の製造方法。

(a) 前記微細形状を形成しようとする金型母材料表面上に感光性材料を塗布する工程、

(b) 前記感光性材料に濃度分布マスクを使用して露光し、次いで現像して前記感光性材料に所望形状を形成する工程、及び

(c) 前記感光性材料の形状をドライエッチング法によって前記金型母材料に転写する工程。

【請求項 14】 金型及び中間材料型には、対向して張り合わされる材料面との間に樹脂の収縮に伴う体積減少分を周囲の樹脂から供給するための流路を形成する複数の凸部を目的構造の周囲に形成する請求項 1 から 13 のいずれかに記載の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、表面に微細加工を施すことによって、光学的機能、機械的機能又は物理的機能を発現する製品の製造や加工に関するものである。このような微細加工は、例えばMLA（マイクロレンズアレイ）、回折光学素子、偏向光学素子、屈折光学系素子、複屈折光学素子、光ファイバー系光学素子、ビームスプリッタ

一等の光学素子の製造に利用されており、特に概略寸法が 1 0 mm 以下の光学素子の製造で利用されている。また、この方法は、マイクロマシニング、機械摺動部品（自動車用エンジン、エアコン用コンプレッサーなど）の表面処理方法など、幅広い産業分野に応用・利用可能である。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

A) リソグラフィー技術を用いてマルチレベル素子の作製方法として、M 枚のマスクを使って (M - 1) 回のプロセスで $N = 2^M$ レベルのステップ状の位相分布を持つ素子を作製する方法が提案されている（非特許文献 1 参照）。

【 0 0 0 3 】

B) 電子ビーム、レーザービームやイオンビーム等を用いた直接描画法と光リソグラフィーとドライエッチング技術を組み合わせた方法も提案されている（非特許文献 2 参照）。

【 0 0 0 4 】

C) 濃度分布マスク法によって感光性材料層上に目的の三次元構造を製作し、この形状を最終製品材料にドライエッチングで転写することが提案されている（特許文献 1 参照）。濃度分布マスクとは、面内のパターンだけでなく、膜厚方向にも透過率分布をもったマスクである。

【 0 0 0 5 】

D) あらかじめ金型を製作しこの形状を樹脂転写によって製品材料表面に転写すること、及びその転写後の樹脂形状を最終製品材料にドライエッチングで転写することが提案されている（特許文献 2 参照）。

【 0 0 0 6 】

【非特許文献 1】

「光技術コンタクト」誌、Vol.38, No.5 (2000) P.42~51、特にP.45

【非特許文献 2】

「応用物理」誌、第 6 8 巻第 6 号 (1999)、P.633~638

【特許文献 1】

特開 2 0 0 1 - 3 5 6 4 7 0 号公報

【特許文献2】

特開 2002-192500 号公報

【0007】**【発明が解決しようとする課題】**

Aの方法では、マスク枚数が多く必要であること、アライメント回数が多くこの誤差が無視できないこと、深さ方向のエッチング誤差が無視できないこと、最小ライン幅は $1\mu\text{m}$ 程度が限界であること、等が問題である。

【0008】

Bの方法では、高精度な制御技術を有する装置が必要で、装置が高価であること、描画に時間が非常にかかり（ $500\mu\text{m}\times 500\mu\text{m}$ の正方形で10～15時間程度）、量産性が全くない、再現性に乏しい、等の問題があり、実用化された例はない。

【0009】

高精度の表面3次元構造を再現性よく製作するという課題に対しては、上記のCの方法とDの方法はよくその課題を達成することができる。また、金型を使用して転写するDの方法は、製造コストを低下させる利点も備えている。

【0010】

本発明は、上のDの方法の改良に係り、三次元構造物の高さを高くすることを容易にすることを目的とするものである。三次元構造物の高さを高くすることは、光学レンズの場合であればその開口数（NA）を大きくして、レンズを明るくすることを意味している。

本発明はまた、金型の寿命を長くすることも目的としている。

【0011】**【課題を解決するための手段】**

本発明は、以下の工程（A）から（K）を備えて微細表面構造をもつ物品を製造する製造方法である。

（A）目的とする形状を高さ方向に相似的に $1/n$ （ $n>1$ ）に縮小した構造を表面に有する微細形状をもつ金型を製作する工程、

（B）上記金型の表面に離型処理を施す工程、

(C) 離型処理の施された前記金型表面に硬化可能な樹脂を介して中間材料を押し当てて、前記金型の表面形状の反転形状を前記樹脂に転写する工程、

(D) 形状転写後の前記樹脂を硬化させる工程、

(E) 硬化後の前記樹脂を前記中間材料に接合させた状態でその樹脂を前記金型から剥離させる工程、

(F) 前記樹脂に転写された形状をドライエッチング法によって前記中間材料に形状転写して中間金型とする工程であって、高さ方向に $M1$ ($M1 > 1$) 倍高くなるように条件を設定して行なう転写工程、

(G) 形状転写後の前記中間金型の表面に離型処理を施す工程、

(H) 離型処理の施された前記中間金型の表面に硬化可能な樹脂を介して最終製品材料を押し当てて、前記中間金型の表面形状の反転形状をその樹脂に転写する工程、

(I) 工程 (H) における転写後の前記樹脂を硬化させる工程、

(J) 工程 (I) で硬化後の前記樹脂を最終製品材料に接合させた状態でその樹脂を前記中間金型から剥離させる工程、及び

(K) 工程 (J) の後に前記最終製品材料上に存在する前記樹脂に転写された形状をドライエッチング法によって前記最終製品材料に転写する工程であって、高さ方向に $M2$ ($M2 > 1$) 倍高くしながら転写し、最終目的構造を得る転写工程。

【0012】

金型を製作する方法は種々あるが、目的とする形状の高さが高いほど製作は難しくなる。そこで、本発明では、目的とする形状を高さ方向に相似的に $1/n$ に縮小した構造を表面に有する微細形状をもつ金型を製作する。そして、その後の2回のドライエッチングによる転写工程で高さを高くするように条件を設定することにより、最終目的構造の形状の高さは金型の形状よりも高くなる。

【0013】

2回のドライエッチング工程での高さの倍率 $M1$ 、 $M2$ は、 $M1 \times M2 = n$ の関係を有することが好ましい。その場合、所期の目的通りの高さをもつ形状が得られる。

【0014】

最初の金型から最終製品に至るまでに介在させる中間材料の数を2以上とし、樹脂を介した各中間材料へのドライエッチングによる形状転写を経た後に最終製品材料へドライエッチングにより形状転写するようにすることもできる。ドライエッチングによる形状転写の回数を増やすことにより、最終製品の形状の高さを高くするのがより容易になる。その場合、樹脂から各中間材料又は最終製品材料へのドライエッチングによる形状転写における高さ方向の倍率を順次 M_1 , M_2 , …… M_j (いずれも1より大きい) とするとき、

$$M_1 \times M_2 \times \cdots \times M_j = n$$

の関係の有することが好ましい。その場合、所期の目的通りの高さをもつ形状が得られる。

【0015】

本発明では、金型又は中間金型の表面を離型処理するので、樹脂が金型又は中間金型から容易に剥離する。また、これにより、金型及び中間金型の寿命が伸び、かつ転写性が向上する。

【0016】

さらに、中間材料に形状転写されたものを金型にして最終製品を製作することができるので、目的とする形状を高さ方向に相似的に $1/n$ に縮小した構造を表面に有する微細形状をもつ最初の金型の使用頻度を減らすことができ、その最初の金型の寿命を大幅に伸ばすことができる。

【0017】

【発明の実施の形態】

中間金型を形成する中間材料としては、合成石英や耐熱ガラスで、耐熱性で、紫外線硬化型樹脂を硬化させるための波長に対して光透過性の性質をもつものが好ましい。耐熱ガラスとしては、パイレックス（登録商標）やネオセラム（登録商標）などを使用することができる。

【0018】

金型及び中間金型の表面形状の反転形状を転写する樹脂としては、紫外線硬化型樹脂や熱硬化型樹脂を用いることができる。

【 0 0 1 9 】

その転写用樹脂として紫外線硬化型樹脂を用いる場合には、次のような利点がある。

①常温での硬化が可能である。

②液体状で塗布できるので、流動性がよく、泡などの発生を防ぐことができる。

③紫外光を均一に照射して硬化させることができるので、均一に硬化させることができる。

④短時間に硬化させることができる。

【 0 0 2 0 】

その結果、紫外線硬化型樹脂を用いると、金型や中間金型の表面形状をより正確に容易に転写することができるようになる。

また、その転写用樹脂として熱硬化型樹脂を用いる場合でも、均一に硬化させることによって、紫外線硬化型樹脂と同様に金型や中間金型の表面形状を正確に転写することができる。熱硬化型樹脂としては、プラスチック眼鏡レンズや、コンタクトレンズの製造に使用されている樹脂を用いることができる。そのような熱硬化型樹脂を用いた成型方法は注型法と呼ばれており、金型に液体状の熱硬化型樹脂を流し込み、徐々に加熱して 2 4 時間程度の時間をかけて硬化させる。

【 0 0 2 1 】

金型製作に関し、金型表面の微細形状が 1 mm より大きい寸法であれば、通常市販されている高精度機械加工（NC 旋盤、NC 超精密加工機等）によって加工することも可能である。

【 0 0 2 2 】

また、金型表面の微細形状が 1 mm 以下の寸法であれば、発明者らが提案している方法（特開 2001-356470）で製作することができ、あるいは、ガラスや金属材料をリソグラフィーとウエットエッチングにより製作することも可能である。

【 0 0 2 3 】

金型表面の微細形状が $10\ \mu\text{m}$ 以下というようなごく微細な寸法であれば、発明者らが既に提案している方法（特開 2002-192500）により、金型母材料に形成

されたレジスト（感光性材料）に電子線（E B）又はレーザービームにより所望の形状を描画し現像して微細構造を形成し、その微細構造をドライエッチングにより金型母材料に転写することにより製作することが可能である。このように、レジストの形状をドライエッチング法によって金型母材料に転写するようにすれば、軟質材料であるレジストの形状を硬質金型材料に転写できる。

【 0 0 2 4 】

ドライエッチング法により金型を製作する場合、金型母材料はドライエッチング可能な材料であることが必要であり、そのような材料として金属材料、ガラス材料、セラミックス材料、プラスチック材料、硬質ゴム材料などを用いることができる。

【 0 0 2 5 】

金型を製作する際、感光性材料の形状をドライエッチング法によって金型母材料に転写する工程におけるドライエッチング工程で、所望の形状を転写するために、選択比を段階的又は連続的に変化させることが好ましい。このように、選択比を段階的又は連続的に変化させることにより、転写時に所望の形状を得ることができるようになる。

【 0 0 2 6 】

金型や中間金型の表面の離型処理の一例は、金型や中間金型の表面に金属薄膜を成膜することであり、その金属薄膜はNi, Cr, Fe, Al, Co, Cu, Mo, Pt, Au, Nb, Tiなどの単一金属又は複合材料からなるものとすることができる。この離型処理により、金型の形状転写性が飛躍的に増し、正確な転写が行なえると同時に、剥離性が容易となり金型や中間金型の寿命が飛躍的に向上する。

【 0 0 2 7 】

離型処理として、さらにその金属薄膜上に微細な構造のフッ素樹脂を含む層によって表面処理を施すことが好ましい。この表面処理はフッ素樹脂を含む層をメッキ方法や蒸着方法によって形成することにより行なうことができる。

金型や中間金型の表面への他の離型処理方法として、金型や中間金型の表面にフッ素官能基を有する有機化合物層を形成する方法も好ましい。

【0 0 2 8】

金型や中間金型の表面形状の反転形状を転写する樹脂として紫外線硬化型樹脂を使用する場合、紫外線硬化型樹脂を硬化させる方法として、金型、中間材料、最終製品の3材料のうちで、その紫外線硬化型樹脂を使用する転写工程に適用される2材料の少なくとも一方の材料として、その紫外線硬化型樹脂を硬化させる波長域の光に対して光透過性である材料を使用し、その紫外線硬化型樹脂の硬化工程では、一方の材料のみが光透過性材料である場合にはその光透過性材料を通して、両方の材料が光透過性材料である場合には一方又は両方の光透過性材を通してその紫外線硬化型樹脂に光照射してその紫外線硬化型樹脂を均一に硬化させるようにするのが好ましい。紫外線硬化型樹脂を均一に硬化させることにより、金型や中間金型の形状転写性が飛躍的に増し、正確な転写が行なえる。

【0 0 2 9】

金型や中間金型の表面形状の反転形状を転写する樹脂として熱硬化型樹脂を使用する場合、熱硬化型樹脂を硬化させる方法として、金型と中間材料の組、及び中間金型と最終製品材料の組を位置決めした状態で固定し、樹脂注入口を別途設けて、その樹脂注入口から熱硬化型樹脂を型と材料の間に注入する。熱硬化型樹脂の硬化工程では徐々に加熱しながら熱硬化型樹脂を挟み込んでいる型と材料の全体に均一に熱が行きわたるようにして加熱硬化させるのが望ましい。

【0 0 3 0】

一般に、樹脂は硬化の際に収縮するものである。そこで、樹脂の収縮量を予め求めておき、その樹脂に形状を転写する金型又は中間金型を製作工程では、その収縮量部分を見込んで金型又は中間金型の形状が深くなるように補正して加工するのが好ましい。これにより、硬化収縮量の補正が可能となる。

【0 0 3 1】

離型処理の施された金型や中間金型の表面に樹脂を介して中間材料又は最終製品材料を押し当てる際、樹脂と中間材料表面又は最終製品材料表面との間に両者の密着性を向上させるためのシランカップリング剤処理等のプライマー表面処理を施しておくことが好ましい。これにより、剥離工程で金型側又は中間金型側から選択的に剥離が行われ、樹脂のクワレ（剥離の際に樹脂の一部が金型や中間金

型に残ること)が急激に減少する。その結果、次工程での形状転写性が向上する。また、金型や中間金型の表面に樹脂を介して中間材料又は最終製品材料を押し当てる際、金型や中間金型の表面と中間材料又は最終製品材料との間にギャップ(スペース)を設けることが重要である。このギャップは、樹脂が硬化する際の収縮分を周りから供給する流路として使用することができる。その方法として、金型及び中間材料型には、対向して張り合わされる材料面との間に樹脂の収縮に伴う体積減少分を周囲の樹脂から供給するための流路を形成する複数の凸部を目的構造の周囲に形成するのが好ましい。

【0032】

樹脂に転写された形状をドライエッチング法によって中間材料又は最終製品材料に転写する際、中間材料又は最終製品材料に所望の形状を形成するためにそのドライエッチングにおける樹脂と中間材料又は最終製品材料とのエッチングの選択比を段階的又は連続的に変化させることが好ましい。この選択比の調整により形状の補正が可能となり、所望の形状に転写できるようになる。

【0033】

【実施例】

(実施例1)

図1に示す回折光学素子2を製作した。この最終目的の回折光学素子2は合成石英材に形成された直径が約10mmのもので、同心円状に鋸歯形状を配列したものである。その輪帯数は約965、ピッチは第一輪帯が約150 μ mで、最終輪帯は2 μ m、高さは約1.5 μ mである。

【0034】

まず、本件製品の製作に当たっては、次の進め方で製作した。

(1) 電子線描画装置と感光性材料の関係から、描画、現像後のレジスト高さの最高値は0.8 μ mが限界と考えられるので、目的高さ：1.5 μ mの0.6/1.5の高さ(0.4倍縮小構造。すなわち、 $n=2.5$)の金型をシリコン基板上に製作することにした。シリコン基板上に形状を転写する際は、選択比は1.1とする。

【0035】

(2) 次いで、シリコン基板に形状を転写した後は、別途用意した石英中間金型に転写する。この際の、選択比は 1.6 で転写し（転写後の高さは、 $0.6\ \mu\text{m} \times 1.6 = 0.96\ \mu\text{m}$ ）た。このときの形状は、反転している。

【0036】

(3) 最後に、最終製品材料である石英材料に上記中間金型形状を転写する。この際の選択比は 1.6 で転写し（転写後の高さは、 $0.96\ \mu\text{m} \times 1.6 = 1.53\ \mu\text{m}$ ）た。このときの形状は、正転している（中間金型に対しては、反転している）。

【0037】

以下に、図 2, 3 を参照してこの回折光学素子の製作手順を示す。

(A) 金型母材料 4 として直径が 4 インチ、厚さが 1.0 mm のシリコン基板を用意した。この金型母材料 4 の表面上に電子線描画用感光性材料（レジスト）（東京応化社製：OEBR-1000）6 をスピナーにて、500 rpm で 5 秒間、続いて 2000 rpm で 30 秒間塗布した。その後、オーブンで 170℃ で 20 分間のプリベークを行なった後、急冷却した。この時のレジスト膜厚は、 $1.0\ \mu\text{m}$ であった。

【0038】

(B) 一方、図 1 に示す形状を得る為に、別途 CAD ソフトを使用して EB 照射ビームがなぞる領域分割、経路及びビーム径、ドーズ量、描画時間等を入力しておく。本実施例の場合には、丸形状を 1080 角形と近似して描画全領域を $500\ \mu\text{m} \times 500\ \mu\text{m}$ の正方形の領域に分割して描画プログラムを作成した。丸形状を描画する方法は、①分割して描画する方法と、②連続して描画する方法がある。大径レンズの場合は分割書きする方が適している。一方、小径レンズの場合は連続して一筆書きする方が適している。本実施例では、直径が 10 mm と大径レンズに該当するので、①の分割書きする方法で実施した。

【0039】

そのレジスト 6 を塗布した金型母材料 4 を電子線描画装置にセットし、所定の真空度まで排気する。

次いで、CAD データを描画装置の制御装置に転送し、描画を開始する。本件

の場合には、X-Yステージを移動させながら描画し、描画に30時間を要した。

【0040】

描画後、現像液（OEBR-1000現像液）を使用して25℃で1分間現像した。続いて、リンスを行なった。窒素ブローアースピンナー回転にて直ぐに乾燥させた。これにより、レジストパターン6aが形成された。

その後、そのレジストパターン6aに紫外線を照射して硬化させるUVハードニング処理を行った。硬化後のレジストパターン6aの高さは0.6μmであった。

【0041】

(C) 次に、描画後のレジストパターン6aをドライエッチング法によって金型母材料4に転写した。このときのドライエッチングは、TCP（誘導結合型プラズマ）エッチング装置を用い、CHF₃:15.0sccm、CF₄:2sccmのガスを導入しながら、基盤バイアス電圧:500W、上部電極パワー:1250W、真空度 1.5×10^{-3} Torr（すなわち1.5mTorr）で2分間エッチングを行なった。このときのエッチング速度は、0.4μm/分であった。僅かに（0.2μm程）オーバーエッチングで終了させた。エッチングの選択比（金型母材料4のシリコンのエッチング速度/レジスト6のエッチング速度）は1.1で、エッチング後の金型4aの形状高さは、0.66μmであった。表面粗さは、Ra=0.001μm以下で良好であった。この形状高さは、次工程での形状転写用樹脂の収縮を10%と見込んで設定した。また、次工程での形状転写用樹脂が硬化する際に周囲から未硬化の樹脂を供給する流路を確保するために、電子線描画の際に、シリコン基板に凸形状を形成するパターンを描画した。

【0042】

このときの金型の形状は、描画時の形状とピッチが等しく、高さだけが1.1倍になっていた。

この金型の表面を離型処理するために、金型表面に金属Ni薄膜をスパッタリング法で 7×10^{-3} Torrの真空度で500Å成膜した。比較的高圧で成膜したため、まわり込みが十分に行なわれ、金型表面に均一に成膜された。

【0 0 4 3】

次に、Ni 表面を、フッ素官能基を有するトリアジンチオール有機化合物で表面処理した。これは、有機鍍金法と言われる方法で行なった。具体的には、フッ素化 S F T T（スーパーファイントリアジンチオール）を溶媒に溶かした溶液中で電解重合処理（有機鍍金）して、金型表面にフッ素系の有機薄膜を形成した。フッ素化 S F T T は、有機硫黄化合物の 1 つであるトリアジンチオールの側鎖をフッ素化したものである。フッ素分子の数 n は、 $n = 7$ が最も撥水効果（剥型効果）が高かったので、この条件で 1 0 0 0 Å 成膜した。ただし、Ni スパッタリングを実施しなくてもシラノール基を有するトリアジンチオールを用いれば、同様の撥水効果は得られる。

【0 0 4 4】

(D) 次に、離型処理した金型を下にセットして、この上に紫外線硬化型樹脂 8 としてアクリル系樹脂（大日本インキ社製：GRANDIC RC-8720）を 3 c c 塗布した。

【0 0 4 5】

(E) この金型 4 a を専用の接合機にセットし、予め別の工程でシランカップリング処理（密着性向上処理）を施した中間材料 1 0 の平面基板（信越石英社製：合成石英）をゆっくりと押し当てる。この時紫外線硬化型樹脂 8 の中に泡が発生しないように降下速度を制御した自動接合機で接合した。

【0 0 4 6】

次に、金型 4 a 側からゆっくりと中間材料 1 0 側に押し上げて、形状転写時に余分となる紫外線硬化型樹脂 8 を基板外周部から除去した。

更に、中間材料 1 0 の裏面側から均一な紫外線光を 3 0 0 0 m J 照射して紫外線硬化型樹脂層 8 を硬化させた。この時の紫外線硬化型樹脂層 8 の厚さ（紫外線硬化型樹脂層 8 の 3 次元構造のトップと中間材料 1 0 間の距離）は、 $0.1 \mu\text{m}$ 以下であった。当然、紫外線硬化型樹脂層 8 の最大厚さは、「パターン深さ 0.66」+「トップ層間隔 0.1」= $0.76 \mu\text{m}$ である。

【0 0 4 7】

(F) 次に、紫外線硬化型樹脂層 8 を中間材料 1 0 に接合したまま金型 4 a 表

面から剥離するために、治具を使って、剛性の低い金型 4 a のシリコン基板をやや凸形状に変形させながら剥離させた。

次に、中間材料 10 表面上の樹脂層 8 の転写形状を測定したところ、光学素子部の深さ（凹形状）は、 $0.60\ \mu\text{m}$ に小さくなっていた。これは、樹脂層が硬化収縮した為であり、その硬化収縮率は平均で約 11% であった。このときの深さを光学式（非接触）形状測定機で正確に測定し、後の（G）～（K）工程での選択比、及びエッチング条件（経時的な選択比の変更）を適切に設定することが重要である。

【0048】

（G）次に中間材料 10 上の樹脂層 8 の転写形状を上記と同様にドライエッチング法により中間材料 10 に転写して中間金型 10 a を得た。そのドライエッチング条件は、TCP エッチング装置を用い、 CHF_3 : 12.0 sccm、 CF_4 : 4 sccm のガスを導入しながら基盤バイアス電圧: 500W、上部電極パワー: 1250W、真空度 $1.5 \times 10^{-3}\text{Torr}$ （すなわち 1.5mTorr ）で 5.0 分間エッチングを行なった。この時のエッチング速度は、 $0.25\ \mu\text{m}/\text{分}$ であった。

【0049】

エッチングの後半では CHF_3 ガス量を 2.0 sccm 増加させて選択比を若干大きくしてエッチングした。選択比を段階的に変更することによって、転写時に所望の形状を得ることができた。エッチングの選択比（石英の中間材料 10 のエッチング速度/樹脂層 8 のエッチング速度）は平均で 1.75 であり、エッチング後の中間金型 10 a の表面形状の高さは、 $1.05\ \mu\text{m}$ であった。表面粗さ（Ra）は、 $Ra = 0.001\ \mu\text{m}$ 以下で良好であった。尚、光学面は直線形状を有していた。また、形状転写の際に、次の転写に用いる樹脂の流路を確保するために、中間材料 10 に凸形状のスペーサを製作した。

【0050】

このときの中間金型 10 a の形状は、シリコン金型 4 に比較して、ピッチが一定で、高さだけが 1.75 倍（ $1.05\ \mu\text{m}/0.6\ \mu\text{m}$ ）になっていた。

【0051】

(H) この中間金型 1 0 a の表面を離型処理するために、中間金型 1 0 a の表面をフッ素官能基を有するトリアジンチオール有機化合物で表面処理した。これは、有機鍍金法と言われる方法で行なった。具体的には、フッ素化 S F T T の末端機に OH 基を有する化合物を合成しこれを溶媒に溶かした溶液中で電解重合処理して、金型表面にフッ素系の有機薄膜を形成した。この条件で 1 0 0 0 Å 成膜した。

次に、離型処理した中間金型 1 0 a を下にセットして、この上に紫外線硬化型樹脂 1 2 としてアクリル系樹脂（大日本インキ社製：GRANDIC RC-8720）を 3 c c 塗布した。

【0052】

(I) この中間金型 1 0 a を専用の接合機にセットし、予め別の工程でシランカップリング処理（密着性向上処理）を施した石英の最終製品材料 1 4 の平面基板（信越石英社製：合成石英）をゆっくりと押し当てる。このとき紫外線硬化型樹脂 1 2 の中に泡が発生ないように降下速度を制御した自動接合機で接合した。

次に、中間金型 1 0 a 側からゆっくりと最終製品材料 1 4 側に押し上げて、形状転写時に余分となる紫外線硬化型樹脂 1 2 を基板外周部から除去した。

【0053】

更に、最終製品材料 1 4 の裏面側から均一な紫外線光を 3 0 0 0 m J 照射して紫外線硬化型樹脂層 1 2 を硬化させた。この時の紫外線硬化型樹脂層 1 2 の厚さ（紫外線硬化型樹脂層 1 2 の 3 次元構造のトップと最終製品材料 1 4 間の距離）は、 $0.1 \mu\text{m}$ 以下であった。当然、紫外線硬化型樹脂層の最大厚さは、「パターン深さ 1. 0」+「トップ層間隔 0. 1」= $1. 1 \mu\text{m}$ である。

【0054】

(J) 次に、紫外線硬化型樹脂層 1 2 を最終製品材料 1 4 に接合したまま中間金型 1 0 a の表面から剥離するために、治具を使って剥離させた。

次に、最終製品材料 1 4 の表面上の樹脂層 1 2 の転写形状を測定したところ、光学素子部の高さ（凸形状）は、 $0. 96 \mu\text{m}$ に小さくなっていた。これは、樹脂層 1 2 が硬化収縮した為であり、その硬化収縮率は平均で約 5 % であった。

【0055】

工程（F）における収縮率約 11%とこの工程での収縮率約 5%との差は、この工程では紫外線照射を長時間かけてゆっくりと行なったためであり、その結果、樹脂の収縮分を周囲から供給することが可能となり、硬化時の収縮率が低減した。

【0056】

（K）次に最終製品材料 14 上の樹脂層 12 の形状を上記と同様に最終製品材料 14 に転写した。ドライエッチング条件は、TCP エッチング装置を用い、 CHF_3 ：12.0 sccm、 CF_4 ：4 sccm のガスを導入しながら基盤バイアス電圧：500W、上部電極パワー：1250W、真空度 $1.5 \times 10^{-3} \text{ Torr}$ （すなわち 1.5 mTorr）で 7.0 分間エッチングを行なった。このときのエッチング速度は、 $0.25 \mu\text{m}/\text{分}$ であった。

【0057】

エッチングの後半では CHF_3 ガス量を 2.0 sccm 増加させて選択比を若干大きくしてエッチングした。選択比を段階的に変更することによって、転写時に所望の形状を得ることができた。エッチングの選択比（石英の最終製品材料 14 のエッチング速度／樹脂層 12 のエッチング速度）は平均で 1.6 であり、エッチング後の形状の高さは、 $1.53 \mu\text{m}$ であった。表面粗さは、 $R_a = 0.001 \mu\text{m}$ 以下で良好であった。

このようにして得られた最終製品 14 a が図 1 に示した回折光学素子 2 である。

【0058】

（実施例 2）

図 1 に示す光通信用光学素子（レンズ）を製作した。この光通信用光学素子の最終目的構造は合成石英材に形成された直径が $50 \mu\text{m}$ の単一レンズである。その曲率半径は、 $6.16 \mu\text{m}$ 、高さは $28.0 \mu\text{m}$ である。

【0059】

まず、本件製品の製作に当たっては、次の進め方で製作した。

（1）目的高さ： $28.0 \mu\text{m}$ の $15.5/28.0$ の高さ（0.55 倍の縮

小構造。すなわち、 $n = 1.82$ の金型をシリコン基板上に製作することにした。シリコン基板に形状を転写する際は、選択比は 1.0 とする。

【0060】

(2) 次いで、シリコン基板に形状を転写した後に、別途用意した石英中間材料に金型を転写して中間金型を得る。この際の、選択比は 1.4 で転写（転写後の高さは、 $15.5 \mu\text{m} \times 1.4 = 21.7 \mu\text{m}$ ）した。このときの形状は、反転している。

【0061】

(3) 最後に、最終製品材料である石英材料に上記中間金型形状を転写する。この際の、選択比は 1.29 で転写（転写後の高さは、 $21.7 \mu\text{m} \times 1.29 = 28.0 \mu\text{m}$ ）した。このときの形状は、正転している（中間金型に対しては、反転している）。

【0062】

図 4、図 5 の (A) から (H) の図を用いて、この光学素子の製作手順をより詳細に説明する。

(A) 金型母材料 411 として直径が 6 インチ、厚さが 0.625 mm のシリコン基板を用意した。金型母材料 411 の上に Cr 膜 414 をスパッタリング法で 800 \AA の厚さに成膜し、フォトリソグラフィー法とエッチングにより、目的光学レンズを形成する領域の周囲の Cr 膜を円形に沿って部分的に抜いた部分 415 を、例えば、円形の外周に沿って 6 点形成する。

この部分 415 が、中間金型から最終製品材料に形状転写する工程での樹脂の流路のためのスペーサとなる。すなわち、この部分 415 は後で説明する工程 (E) の図でのスペーサ用凸部 455 に対応して、この部分 415 が周囲よりも高い凸状態となる。

【0063】

Cr 膜 414 をもつ金型母材料 411 の表面上に感光性材料（レジスト）（東京応化社製：TGMR-950）をスピナーにて塗布した。この時のレジスト膜厚は、 $20.0 \mu\text{m}$ であった。次いで、 100°C にてベーク時間 180 秒でプリベークした。

次に、濃度分布マスク（目的の構造で、かつ高さが $15.5\ \mu\text{m}$ になるようにあらかじめ設計している）を使用してステッパーで 1800 mJ 照射した。

【0064】

その後、現像、リンス後、UVハードニング処理を施してレジストパターン 412, 413 を形成した。その状態が図 4 (A) である。413 はシリコン金型から中間金型に形状転写する工程での樹脂の流路確保用のスペーサのためのレジストパターンである。目的の光学素子用レジストパターン 412 ($1/n$ に縮小) の高さは、その流路確保用スペーサのためのレジストパターン 413 よりも $0.2\ \mu\text{m}$ ほど低くなっている。

【0065】

(B) 次に、そのレジストパターン 412, 413 及び Cr 膜パターン 414 をドライエッチング法によって金型母材料 411 に転写した。このときのドライエッチングは、TCP（誘導結合型プラズマ）エッチング装置を用い、 CHF_3 : 5.0 sccm 、 CF_4 : 10.0 sccm のガスを導入しながら、基盤バイアス電圧 : 500 W 、上部電極パワー : 1250 W 、真空度 $1.5 \times 10^{-3}\text{ Torr}$ （すなわち 1.5 mTorr ）で 21 分間エッチングを行なった。このときのエッチング速度は、 $0.8\ \mu\text{m}/\text{分}$ であった。僅かにオーバーエッチングで終了させた。エッチングの選択比（金型母材料であるシリコンのエッチング速度 / レジストのエッチング速度）は 1.0 で、エッチング後の光学レンズ部 422 の高さは $15.5\ \mu\text{m}$ であった。表面粗さは、 $R_a = 0.001\ \mu\text{m}$ 以下で良好であった。この形状高さは、次工程での樹脂の収縮を見込んでいない。ここでは、次工程での樹脂用流路を確保するために、マスク露光の際に光学レンズ部 422 の外周側にシリコン金型 411a に凸形状のスペーサ 423 を形成し、十分な樹脂流路を確保したためである。

【0066】

425 はシリコン金型 411a に形成された凹部であり、工程 (A) で Cr 膜が除去されていた部分 415 に該当している。凹部 425 は最下点部となっており、（シリコン / レジスト）の選択比よりも（シリコン / Cr 膜）の選択比の方が大きいので、その凹部 425 は Cr 膜厚さ : 800 \AA の約 3 倍の $0.2\ \mu\text{m}$ 程

度に深くエッチングされている。

【0067】

このときのシリコン金型 411a の光学レンズ部 422 の形状は、露光上がりのレジストパターン 412 の形状と同様の形状であった。

このシリコン金型 411a の表面を離型処理するために、実施例 1 と同様にフッ素官能基を有するトリアジンチオール有機化合物を 1000 Å 成膜して表面処理した。

【0068】

(C) 次に、離型処理したシリコン金型 411a を光学レンズ部 422 が形成された面が上側を向くようにセットして、この上に紫外線硬化型樹脂としてアクリル系樹脂 434 (大日本インキ社製：GRANDIC RC-8720) を 3cc 塗布した。

【0069】

このシリコン金型 411a を専用の接合機にセットし、予め別の工程でシランカップリング処理 (密着性向上処理) を施した、平板状中間材料 431 (日本板硝子製：ネオセラム (登録商標)) の平面をゆっくりと押し当てる。このとき、紫外線硬化型樹脂 434 の中に泡が発生しないように降下速度を制御した自動接合機で接合した。

【0070】

次に、シリコン金型 411a 側からゆっくりと中間材料 431 側に押し上げて、形状転写時に余分となる紫外線硬化型樹脂 434 を基板外周部から除去した。

【0071】

更に、中間材料 431 の裏面側から均一な紫外線光を 4000 mJ 照射して紫外線硬化型樹脂層 434 を硬化させた。紫外線照射は、光学素子中心部分から行なった。このとき、樹脂 434 は体積収縮するが、スペーサ 423 で中間材料 431 が押えられている (下方に低下するのを防いでいる) ため、樹脂収縮による体積減少を周りの樹脂が補うように移動する。したがって、体積の収縮、高さの差は生じない。硬化後の紫外線硬化型樹脂層 434 の厚さは、0.1 μm 以下であった。紫外線硬化型樹脂層 434 の最大厚さは、「パターン深さ 15.5」+

「トップ層間隔 0.1」 = 15.6 μm である。

【0072】

(D) 次に、紫外線硬化型樹脂層 434 を中間材料 431 に接合したままシリコン金型 411a 表面から剥離するために、治具を使って、剛性の低いシリコン基板（シリコン金型 411a）をやや凸形状に変形させながら剥離させた。シリコン金型 411a を樹脂 434 から剥がすと、中間材料 431 上に残った樹脂 434 にシリコン金型 411a の表面形状が反転して転写されている。シリコン金型の光学レンズ部 422 は凹部 442 となり、シリコン金型の凹部 425 はスペーサ用凸部 445 となっている。

中間材料 431 表面上の樹脂層 434 の転写形状を測定したところ、光学素子部 442 の深さ（凹形状）は、15.5 μm に小さくなっていた。これは、樹脂層 434 が硬化収縮した為であった。

【0073】

(E) 次に中間材料 431 上の樹脂層 434 の形状を上記と同様にドライエッチング法により中間材料 431 に転写した。ドライエッチング条件は、TCP エッチング装置を用い、 CHF_3 : 15.0 sccm、 CF_4 : 15.0 sccm、 Ar : 10.0 sccm のガスを導入しながら基盤バイアス電圧: 500W、上部電極パワー: 1250W、真空度 $1.5 \times 10^{-3} \text{Torr}$ （すなわち 1.5 mTorr）で、49.0 分間エッチングを行なった。この時のエッチング速度は 0.45 $\mu\text{m}/\text{分}$ であった。

【0074】

エッチングの後半では CHF_3 ガス量を 4.0 sccm 増加させて選択比を若干大きくしてエッチングした。選択比を段階的に変更することによって、転写時に所望の形状を得ることができた。エッチングの選択比は平均で 1.4 であり、エッチング後の形状の高さは、21.7 μm であった。表面粗さは、 $R_a = 0.001 \mu\text{m}$ 以下で良好であった。

【0075】

これにより、レンズ用凹部 452 と、次の形状転写工程の際に樹脂の流路を確保するスペーサ用凸部 455 とを備えた中間金型 431a が得られた。このとき

の中間金型 431a の形状は、シリコン金型 411a に比較して、ピッチが一定で、高さだけが 1.4 倍 ($21.7\mu\text{m}/15.5\mu\text{m}$) になっていた。

【0076】

この中間金型 431a の表面を離型処理するために、中間金型 431a の表面をフッ素官能基を有するトリアジンチオール有機化合物で表面処理した。これは、有機鍍金法と言われる方法で行なった。具体的には、フッ素化 SFTT の末端機に -OH 基を有する化合物を溶媒に溶かした溶液中で電解重合処理して、中間金型 431a 表面にフッ素系の有機薄膜を形成した。この条件で 1000 Å 成膜した。中間金型 431a のネオセラムと石英は、材料の主成分がともに SiO_2 であるため、同様の離型処理で対応可能である。

【0077】

(F) 次に、離型処理した中間金型 431a を、その形状を持つ面が上側を向くようにおき、その上に紫外線硬化型樹脂 464 としてアクリル系樹脂（大日本インキ社製：GRANDIC RC-8720）を 3cc 塗布した。紫外線硬化型樹脂 464 はレンズ部に多めに塗布する。

【0078】

この中間金型 431a を専用の接合機にセットし、その樹脂の上から、予め別の工程でシランカップリング処理（密着性向上処理）を施した最終製品用の石英材料の平面基板（信越石英社製：合成石英）461 をゆっくりと押し当てる。このとき、紫外線硬化型樹脂 464 の中に泡が発生しないように降下速度を制御した自動接合機で接合した。これにより、中間金型 431a と平面基板 461 間に紫外線硬化型樹脂 464 が挟持された状態となる。

【0079】

次に、中間金型 431a 側からゆっくりと最終製品材料（石英）461 側に押し上げて、形状転写時に余分となる紫外線硬化型樹脂 464 を基板外周部から除去した。

【0080】

次に、最終製品材料 461 の裏面側から均一な紫外線光を 3000 mJ 照射して紫外線硬化型樹脂層 464 を硬化させた。この場合も紫外線照射は、光学素子

中心部分から行なう。このとき、樹脂 4 6 4 は体積収縮するが、スペーサ 4 5 5 で最終製品材料 4 6 1 が押えられている（下方に低下するのを防いでいる）ため、樹脂収縮による体積減少を周りの樹脂が補うように移動する（図ではスペーサ 4 5 5 が樹脂を密封しているように見えるが、スペーサ 4 5 5 は部分的にのみ形成されており、樹脂は移動が可能な構造となっている。したがって、体積の収縮、高さの差は生じない。

硬化後の紫外線硬化型樹脂層 4 6 4 の厚さ（光学素子部以外の部分）は、 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以下であった。紫外線硬化型樹脂層 4 6 4 の最大厚さは、「パターン深さ 21.7」+「トップ層間隔 0.1」= 21.8 μm である。

【0081】

(G) 次に、紫外線硬化型樹脂層 4 6 4 を最終製品材料 4 6 1 に接合したまま中間金型 4 3 1 a の表面から剥離するために、治具を使って剥離させた。

最終製品材料 4 6 1 表面上の樹脂層 4 6 4 の形状を測定したところ、光学素子部の高さ（凸形状）は、21.7 μm に小さくなっていた。

【0082】

(H) 次に最終製品材料 4 6 1 上の樹脂層 4 6 4 の形状を上記と同様にドライエッチング法により最終製品材料 4 6 1 に転写した。ドライエッチング条件は、TCPエッチング装置を用い、 CHF_3 : 10.0 s c c m、 CF_4 : 24 s c c m、 Ar : 5.0 s c c mのガスを導入しながら、基盤バイアス電圧: 500 W、上部電極パワー: 1250 W、真空度 $1.5 \times 10^{-3} \text{ Torr}$ （すなわち 1.5 mTorr）で 37.0 分間エッチングを行なった。この時のエッチング速度は、0.78 $\mu\text{m}/\text{分}$ であった。

【0083】

エッチングの後半では CHF_3 ガス量を 3.0 s c c m 増加させて選択比を若干大きくしてエッチングした。選択比を段階的に変更することによって、転写時に所望の形状を得ることができた。エッチングの選択比は平均で 1.3 であり、エッチング後の形状の高さは、28.0 μm であった。表面粗さは、 $R_a = 0.001\text{ }\mu\text{m}$ 以下で良好であった。

【0084】

【発明の効果】

本発明では、表面に微細形状をもつ金型の表面に離型処理を施し、その金型表面に硬化可能な樹脂を介して中間材料を押し当てて、金型の表面形状の反転形状をその樹脂に転写し、その樹脂を硬化させ、その樹脂を中間材料に接合させた状態で金型を剥離した後、その樹脂に転写された形状をドライエッチング法により中間材料に転写して中間金型を得る。その中間金型から最終目的材料に、又はさらに中間金型を介して最終目的材料に形状をドライエッチング法により転写することにより、微細表面構造をもつ物品を製造するようにしたので、ドライエッチング工程で微細構造の高さを高くすることが容易になり、所望の高さをもつ微細構造（高精度の表面 3 次元構造）を高精度に、大量に生産可能となった。

また、中間金型を介在させることにより、最初の金型の寿命をより長くすることができるようになった。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 実施例で製作する回折光学素子の最終目的構造を示す断面図である。

【図 2】 第 1 の実施例の前半部を示す工程フロー断面図である。

【図 3】 同実施例の後半部を示す工程フロー断面図である。

【図 4】 第 2 の実施例の前半部を示す工程フロー断面図である。

【図 5】 同実施例の後半部を示す工程フロー断面図である。

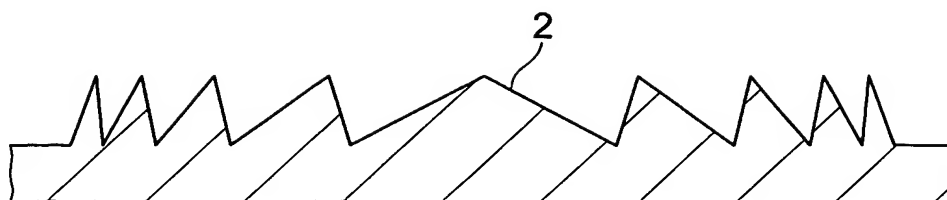
【符号の説明】

- 2 回折光学素子
- 4, 411 金型母材料（シリコン基板）
- 4a 金型
- 6 レジスト
- 6a レジストパターン
- 8, 12, 434, 464 紫外線硬化型樹脂
- 10, 431 中間材料
- 10a, 13a, 431a 中間金型
- 14, 461 最終製品材料

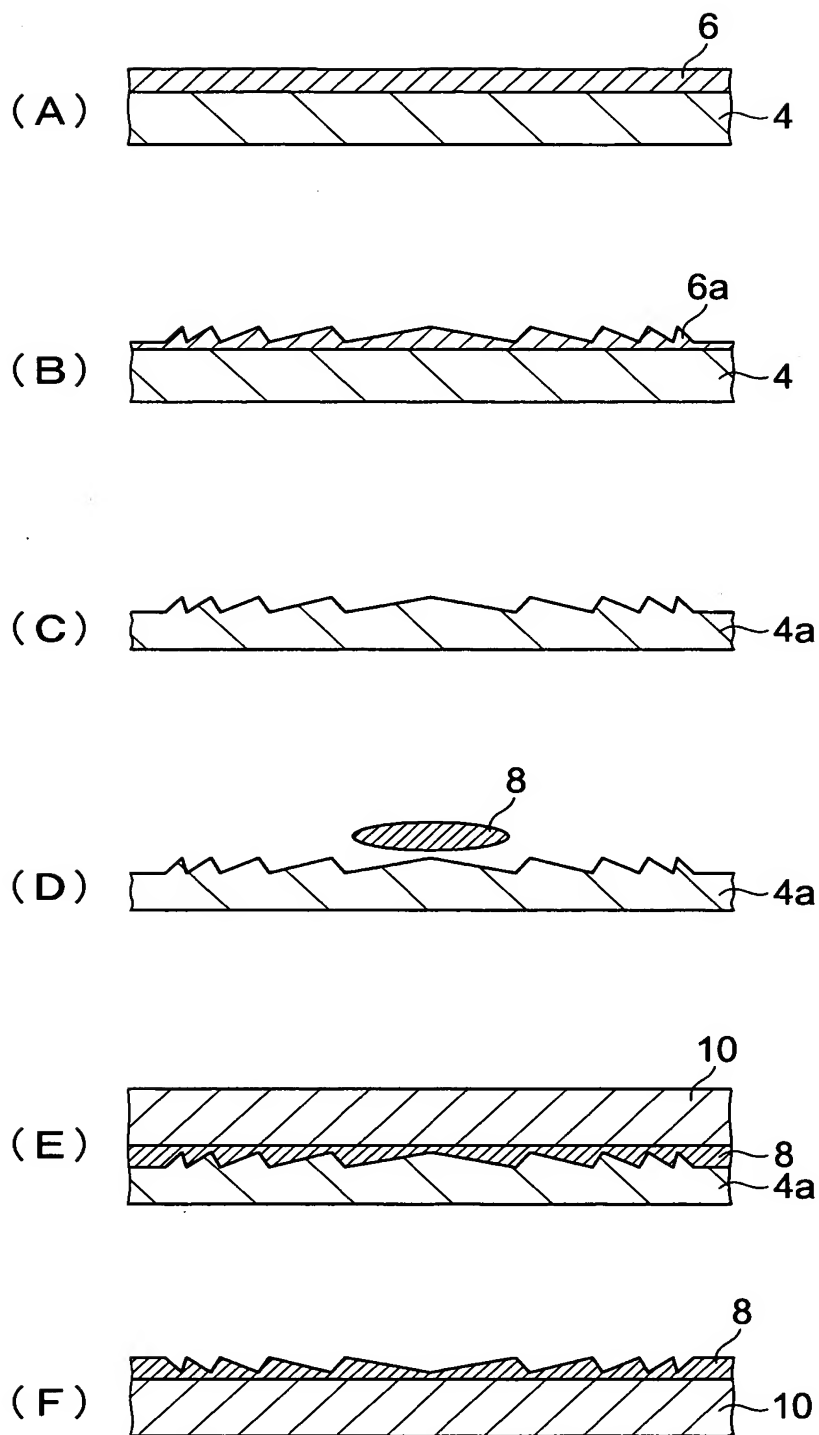
- 1 4 a 最終製品
- 4 1 1 a シリコン金型
- 4 1 2 , 4 1 3 レジストパターン
- 4 1 4 C r 膜
- 4 1 5 C r 膜を円形に沿って部分的に抜いた部分
- 4 2 2 光学レンズ部
- 4 2 3 スペーサ
- 4 2 5 シリコン金型に形成された凹部
- 4 4 2 , 4 5 2 レンズ用凹部
- 4 4 5 , 4 5 5 スペーサ用凸部

【書類名】 図面

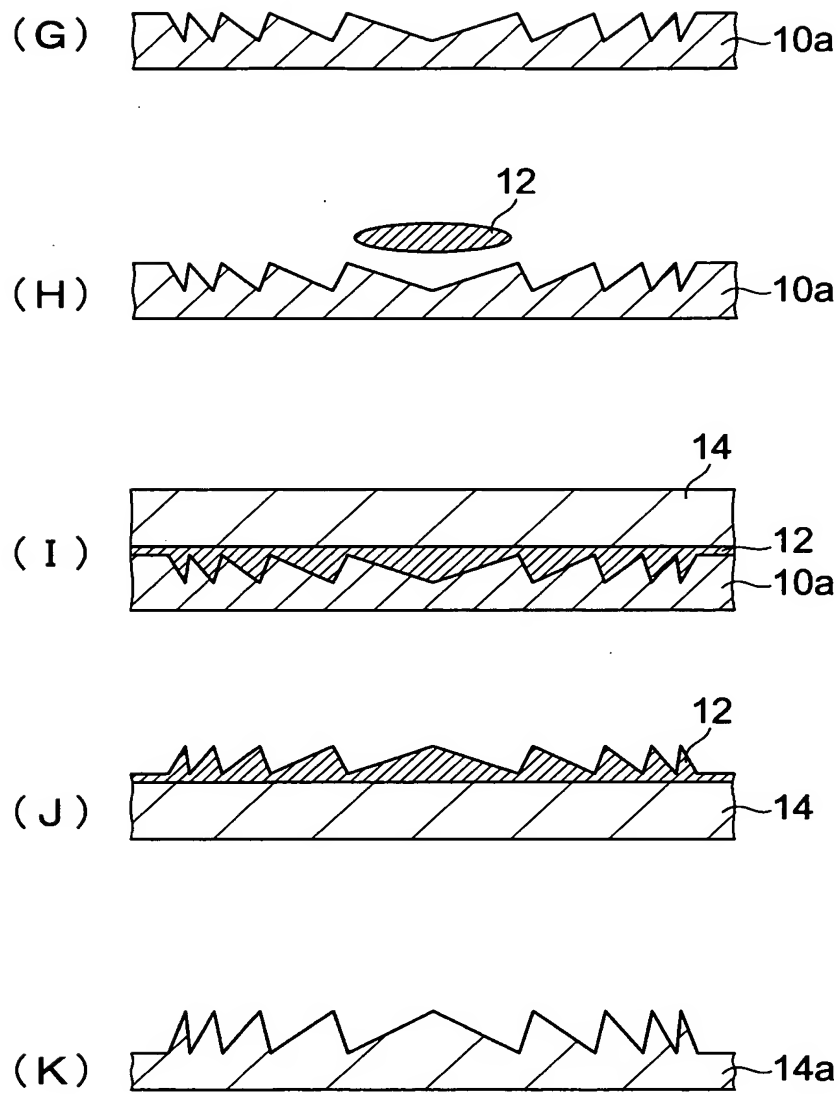
【図 1】



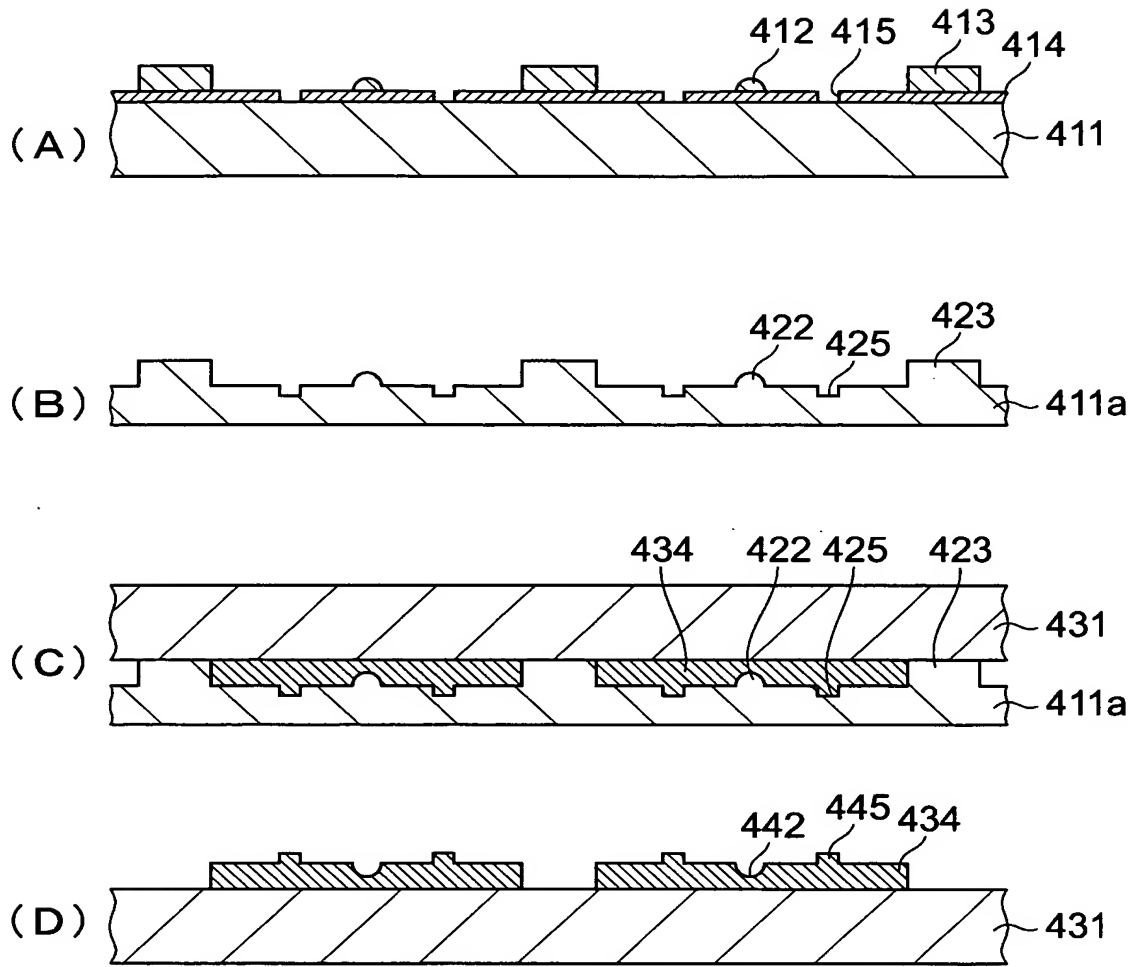
【図 2】



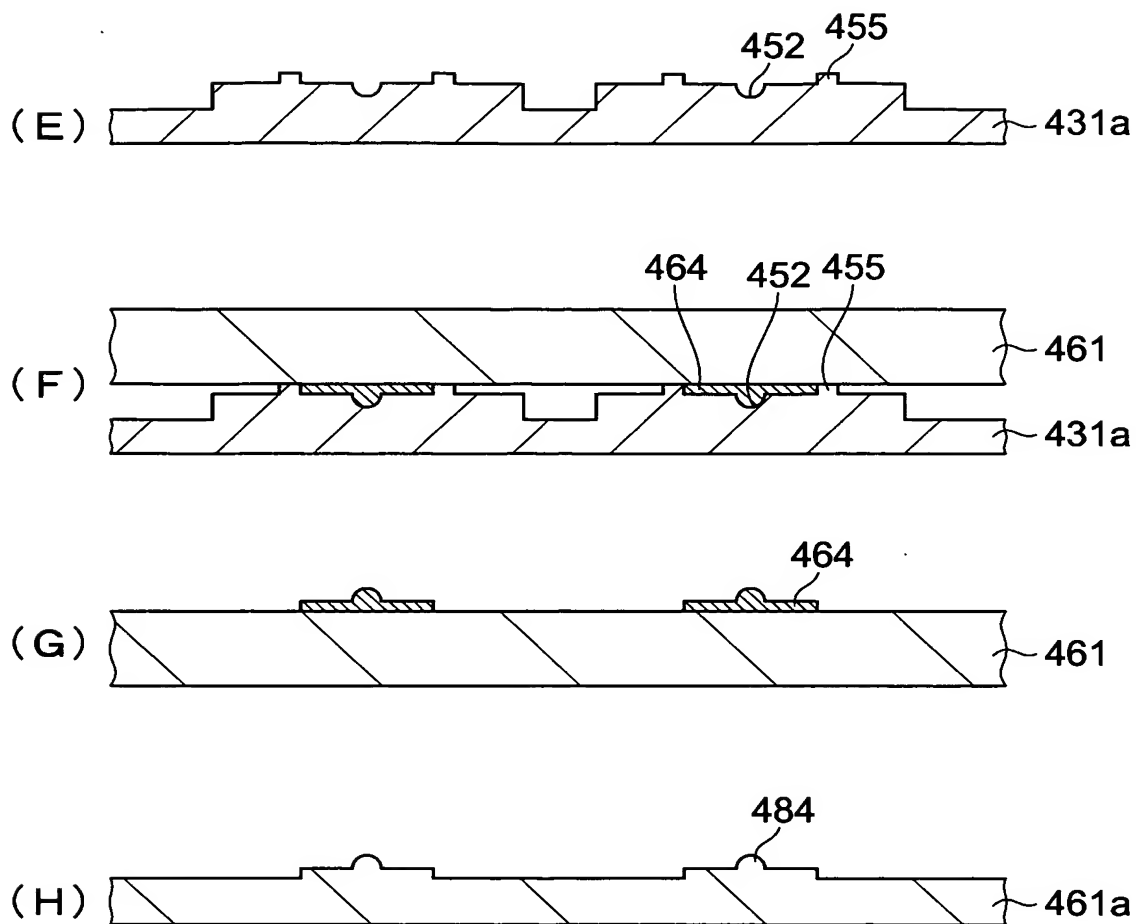
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 、三次元構造物の高さを高くする。

【解決手段】 電子線描画装置と感光性材料の関係から、描画、現像後のレジスト高さの最高値は $0.8 \mu\text{m}$ が限界と考えられるので、目的高さ： $1.5 \mu\text{m}$ の $0.6 / 1.5$ の高さ（ 0.4 倍縮小構造）の金型 4 a をシリコン基板上に製作する。次いで、シリコン金型 4 a の形状を別途用意した石英中間材料 1 0 に転写して中間金型 1 0 a を得る。最後に、最終製品材料 1 4 である石英材料に中間金型 1 0 a の形状を転写する。この際の選択比は 1.6 で転写し（転写後の高さは、 $0.96 \mu\text{m} \times 1.6 = 1.53 \mu\text{m}$ ）た。

【選択図】 図 3

特願 2 0 0 2 - 2 7 1 2 5 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 1 1 5 7 2 8]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

岩手県花巻市大畑第十地割 1 0 9 番地

氏 名

リコー光学株式会社